№ 7 Warszawa, 25 lipca 1936 r. Rok XIV

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO ZWIĄZKU STOWARZYSZEŃ DOZORU KOTŁÓW W POLSCE.

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: Związek Stowarzyszeń Dozoru Kotłów w Polsce.
REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI, 32, m. 12. TEL. 8-81-47.
GODZINY BIUROWE ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.



Dnia 12-go lipca 1936 roku, po długich i ciężkich cierpieniach, rozstał się z tym światem inżynier technolog ś. p. Stefan Andrzej Biedrzycki, profesor zwyczajny maszynoznawstwa ogólnego i rolniczego Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego.

W Zmarłym traci Polska niezastąpionego pracownika naukowego który, licząc siły na zamiary, całe życie i wszystkie wysiłki bez reszty oddał umiłowanemu zawodowi. Gromadził On obok siebie zastęp młodszych pracowników naukowych przekazując swą wiedzę nietylko — z katedry — słuchaczom uczelni akademickiej, ale i popularyzując ją w drodze niezliczonych konferencyj, wykładów, odczytów i pogadanek śród najszerszych mas rolników.

Prace rzeczoznawcze i popularyzatorskie Zmarłego stały zawsze na najwyższym poziomie naukowym.

Okupionym przedwczesnym zgonem, ofiarnym wysiłkiem całego życia i osiągniętemi zdobyczami naukowemi profesor Stefan Andrzej Biedrzycki dobrze się zasłużył rolnictwu polskiemu, a w niepisanym testamencie przekazał nam twardy nakaz podjęcia tych trudów, które Go zmogły, i doprowadzenia do końca prac przez Niego zapoczątkowanych lub zamierzonych.

Cześć Jego pamięci.

ST. BOGUSŁAWSKI inż.

GOSPODARKA CIEPLNA W NASZYCH SIŁOWNIACH I JEJ WPŁYW NA KOSZTY PRODUKCJI.

Referat działu cieplnego Stowarzyszenia Dozoru Kotłów w Poznaniu.

Na wstępie muszę zaznaczyć, że określenie umieszczone w nagłówku „w naszych siłowniach“ odnosi się do dwóch województw zachodnich, jako terenu działalności Stowarzyszenia Poznańskiego. Pracując na tym terenie przez lat kilkanaście poznałem stan siłowni i urządzeń cieplnych na tyle dokładnie, że sąd mój choć może nie będzie pochlebny, w każdym jednak razie całkowicie bezstronny i zgodny z rzeczywistością.

Sprawozdanie nasze za r. 1935 wykazuje na całem naszem terytorjum 6400 kotłów czynnych. Jeżeli od tej ilości odjąć kotły lokomobilowe rolnicze w ilości ok. 3.700, które czynne są tylko okresowo, w przybliżeniu 50 do 60 dni w roku, to ilość kotłów czynnych w przemyśle wyniesie ok. 2700. Tej ilości kotłów odpowiada w przybliżeniu ok. 2000 maszyn parowych.

Statystyka wykazuje, że badań cieplnych na wyżej podaną ilość kotłów wykonywuje się przeciętnie w przeciągu roku 15 do 20, a badań maszyn parowych najwyżej 50.

Cyfry te są nader wymowne i dostatecznie charakteryzują brak zainteresowania ze strony właścicieli przedsiębiorstw przemysłowych w kierunku sprawdzania stanu swych urządzeń parowych i wprowadzania jakichkolwiek ulepszeń, mających na celu poprawę istniejących, siłą tradycji, niekorzystnych warunków pracy przestarzałych w większości wypadków urządzeń. Nic więc dziwnego, że stan instalacyj jest naogół b. smutny, a w wielu wypadkach wprost opłakany.

Nie będziemy tu wnikali w przyczyny istniejącego stanu rzeczy, jest ich zapewne wiele, nas jednak interesuje jedno, mianowicie brak uświadomienia technicznego właścicieli i kierowników zakładów przemysłowych.

Struktura gospodarcza naszej dzielnicy jest specyficznie rolnicza, wobec czego i przemysł jest nastawiony przeważnie w kierunku przeróbki produktów rolnych, przyczem jednostki przemysłowe w przeważającej ilości są małe. Zakłady te nie są w stanie utrzymać na stanowiskach kierowników technicznych nietylko inżynierów-mechaników, lecz nawet wykwalifikowanych techników maszynowych Cały więc dozór nad urządzeniami siłowni sprawuje i opinję o konieczności napraw i konserwacji wydaje w większości wypadków rzemieślnik obsługujący maszyny, który oczywiście nie umie wyjaśnić sobie różnorodnych i skomplikowanych zjawisk zachodzących w kotle lub maszynie, nie umie też na nie odpowiednio reagować, a nie mając tyle autorytetu, aby przekonać swego zwierzchnika o konieczności zasięgnięcia porady fachowej, musi się pogodzić z istniejącemi warunkami.

Wydaje nam się, że chwila obecna jest najodpowiedniejszą dla zwrócenia uwagi na ten tak zaniedbany odcinek gospodarki przemysłowej, hasło bowiem obrony Polski na na wszystkich frontach, a przedewszystkiem na froncie gospodarczym nakłada obowiązek zwalczania wszelkiego rodzaju marnotrawstwa w zakresie kosztów produkcji wśród których jednym z poważniejszych czynników są koszta materjałów opałowych.

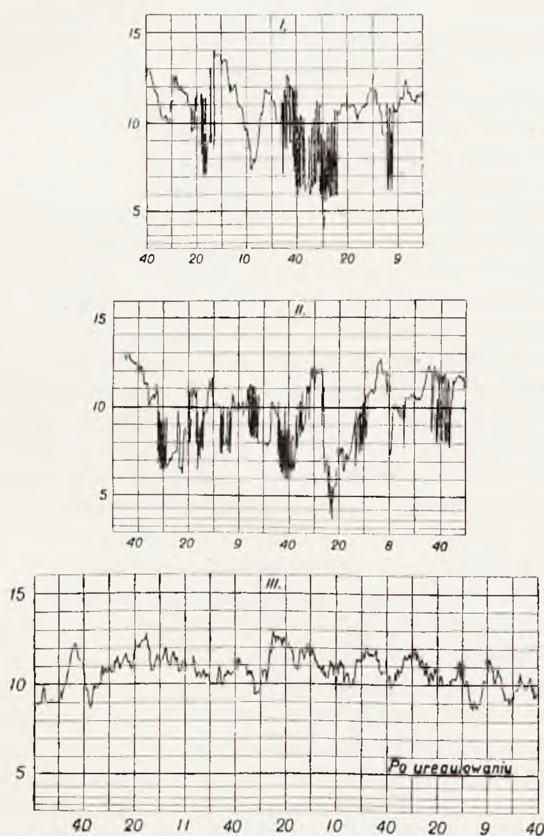
Usprawnienie gospodarki cieplnej, a więc zmniejszenie zużycia paliwa ma szczególnie duże znaczenie dla naszej dzielnicy zachodniej, skutkiem bowiem znacznego oddalenia od zagłębia węglowego koszty przewozu paliwa są wysokie. Obecnie po obniżce taryf kolejowych koszty te stanowią jeszcze ok. 30 — 50% wartości materjału na miejscu konsumcji.

Po tych uwagach o charakterze ogólnym przejdziemy do przeglądu i charakterystyki gospodarki cieplnej w poszczególnych grupach przemysłowych, zajmujących dominujące stanowisko na naszym terenie.

Bogato i najbardziej nowocześnie są wyposażone siłownie w naszych cukrowniach. Po przejęciu naszej dzielnicy od Niemców zastaliśmy urządzenia w cukrowniach w stanie wyjątkowo złym. Szczególnie gospodarka cieplna stała na niskim poziomie. Zużycie węgla w procentowym stosunku do przerobionych buraków przekraczało średnio 11 — 12%, a w niektórych cukrowniach stosunek ten dochodził nawet do 15% i wyżej. Zachodziła konieczność radykalnej przebudowy cukrowni, aby w pierwszym rzędzie doprowadzić zużycie węgla do norm, istniejących w fabrykach cukru zagranicą. Prawie wszystkie cukrownie nasze zostały zelektryfikowane, ustawiając w swych siłowniach nowoczesne kotły o ciśnieniu 20 — 25 *atn* i przeciwprężne turbiny parowe. Zużycie węgla w stosunku do przerobionych buraków spadło prawie o połowę, tak że dziś ten stosunek wyraża się cyfrą 6 — 8%. Jak widzimy, osiągnięty został rezultat, który graniczy z sukcesem.

Niewątpliwie, na zmniejszenie zużycia węgla wpłynęło nietylko zmodernizowanie siłowni, lecz także i udoskonalenie samej fabrykacji.

Przebudowie cukrowni sprzyjała ówczesna wysoka konjunktura i łatwość kredytu, to też w momentach poprzedzających przebudowę kalkulacja oparta była na prawidłowych i zdrowych zasadach, czyli pozwalała sądzić, że zmniejszenie kosztów na robociznę z powodu zwiększenia dziennego przerobu i zmniejszenie zużycia węgla w krótkim czasie zamortyzuje włożone kapitały. — I w tych jednak tak nowoczesnych i planowych urządzeniach siłowni napotkać można błędy. Przy pomiarze cieplnym w jednej z naszych cukrowni, przeprowadzonym przez Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Poznaniu, stwierdzono wyjątkowe zjawisko, a mianowicie raptowne zmiany w obciążeniu wysokoprężnego kotła w granicach od 0 do 100%. Jak



Rys. 1.

widać z załączonych wykresów Nr. 1 i 2 (rys 1) takie wahanie obciążenia kotła trwało niekiedy kilkanaście minut. W tych momentach palacze tracili głowy i, aby zmniejszyć wytwarzanie pary, otwierali wszystkie boczne drzwiczki w celu doprowadzenia do komory większej ilości zimnego powietrza. Jak ryzykownem było takie postępowanie, nie trzeba chyba dowodzić. Gwałtowne ochłodzenie poszczególnych części kotła w przelotach wywoływać musi zmiany w naprężeniach termicznych na ich powierzchni i może spowodować poważne uszkodzenia kotła. Jakie były przyczyny tego osobliwego zjawiska? Jak we wszystkich zmodernizowanych cukrowniach, istniały tutaj dwie kotłownie: wysokoprężna, pracująca na turbiny i niskoprężna, wytwarzająca parę grzejną. W danym wypadku układ fabryki był tego rodzaju, że bliżej odbioru pary na fabrykacje stała kotłownia niskoprężna (5 *atn)*, następnie ustawiony był samoczynny regulator ciśnieniowy i dalej kotłownia wysokoprężna dla ciśnienia pary powyżej 20 *atn.* Główny przewód parowy był tylko jeden.

Przy nagłej zmianie w odbiorze pary, co w cukrowniach stale ma miejsce, najpierw dostosowywały się do niej kotły niskoprężne. Przy spadku w tym odbiorze regulator ciśnieniowy przymykał zawór i zmniejszał odbiór pary świeżej z kotłów wysokoprężnych. Wywoływało to wyżej wspomniane skoki w obciążeniu tych kotłów.

Rzecz naturalna, że ten układ pobierania pary z obu kotłowni był nieprawidłowy i powinienby być wręcz odwrotny. Kotły dwupłomienicowe o powierzchni ogrzewalnej około 100 m^2 posiadają zawartość wody w odniesieniu do m^2 p. o. blisko 200 *ltr.*, natomiast w kotłach opłomkowo-sekcyjnych ta zawartość obniża się do 50 — 55 *ltr.* A więc kotły dwupłomienicowe znacznie łatwiej znoszą zmiany w obciążeniach i wobec tego na te kotły należało przerzucić reagowanie na zmiany w pobieraniu pary. Usunięcie tej nieprawidłowości mogło być rozwiązane w sposób dwojaki; albo należałoby wybudować oddzielny zupełnie przewód za regulatorem ciśnieniowym dla pary z kotłów wysokoprężnych, albo jeszcze prostsze i najbardziej racjonalne rozwiązanie, które polegałoby na pobieraniu pary grzejnej tylko z kotłów niskoprężnych, natomiast kotły wysokoprężne powinny być nastawione na stałe obciążenie, zaś nadmiar pary wprost redukowany do kotłów niskoprężnych. W tym wypadku te ostatnie służyłyby częściowo za cieplarki, a ponieważ ze względu na dużą pojemność wodną łatwo magazynować mogą nadmiar ciepła, przynoszonego do nich w postaci pary z kotłów wysokoprężnych, praca w obu kotłowniach byłaby zharmonizowana i podobne niebezpieczne zmiany w obciążeniach kotłów wysokoprężnych zostałyby usunięte.

Wszystkie cukrownie obecnie znacznie podwyższyły dzienną produkcję. Z tego powodu kotły zmuszone są pracować powyżej swego normalnego obciążenia i są niekiedy nawet poważnie forsowane. Ponieważ kampanje obecnie trwają krótko, od 4 — 6 tygodni, więc takie przeciążenie kotłów nie przed-

stawia jeszcze niebezpieczeństwa, jednak pociąga za sobą pewne ujemne skutki np. konstrukcja i objętość komór paleniskowych przy tego rodzaju wzmożonej pracy okazały się nieodpowiednie. Wykładziny szamotowe komór zbyt szybko zostają zniszczone i wymagają kosztownych napraw. Przyczynia się do tego z drugiej strony niezawsze prawidłowe zrozumienie procesu spalania, korzystanie z podwiewu powietrza wzgl. ekshaustora wyciągowego i t. p. urządzeń. Wywołuje to oprócz uszkodzeń w komorze różne niekorzystne zjawiska ,jak grzanie się rusztu, zanieczyszczenie spalin i t. d. W jednym wypadku stwierdzić było można nietylko brak tego zrozumienia, lecz wprost lekkomyślność, gdyż już na 9 — 10 dzień kampanji komora paleniskowa była tak stopiona, że groziła zawaleniem się.

Jeżeli cukrownie chcą uzyskać racjonalne spalanie i zaoszczędzić na kosztach naprawy komór i rusztu, a także na zużyciu węgla, powinny przebudować komory w kotłach wysokoprężnych, zastosowując najnowsze w tym kierunku zdobycze ostatnich 6 — 7 lat, z uwzględnieniem szczególnie t. zw. *wtórnego powietrza*. Warunki spalania w tym wypadku poprawiają się znakomicie, gdyż wtórne powietrze we właściwej ilości i odpowiednio skierowane powoduje dobre przemieszanie gazów z powietrzem, przesuwa strefę spalania wyżej pod oplomki i daje czyste spaliny. Na tej zaś czystości spalin większości cukrowni bardzo zależy, ponieważ spaliny ze względu na zawarte w nich ciepło wyzyskane zostają w suszarniach wysłodków, a czyste spaliny nie zanieczyszczają wysłodków, dając towar bardziej wartościowy, o wyższej cenie.

Drugą, co do wielkości, grupę przetwórczego przemysłu rolnego stanowi gorzelnictwo. Żadna bodaj gałęź przemysłu nie została tak pokrzywdzona przez zmienione warunki gospodarcze, jak właśnie nasze gorzelnie. Średnio produkcja w porównaniu z okresem przedwojennym stanowi obecnie zaledwie około 10%. Dodatkowa produkcja spirytusu t. zw. tureckiego, eksportowego i t. p. nie jest rentowna i daje tylko korzyść w postaci wywaru, skarmianego przez oborę.

Widoków, przynajmniej w najbliższej przyszłości, na powiększenie produkcji spirytusu dla celów technicznych niema, ponieważ Polska posiada duże bogactwa naturalne w złożach nafty, a więc rozporządza dostateczną ilością (nawet w nadmiarze) materjałów pędnych dla silników spalinowych.

Stan urządzeń maszynowych w gorzelniach, za małemi wyjątkami, jest bardzo zły. Opieka i zainteresowanie temi warsztatami ze strony właścicieli ze względu na małą albo żadną rentowność jest niedostateczna. Że takie stanowisko jest nieprawidłowe, nie trzeba dowodzić. Właśnie odwrotnie, należałoby wszelkiemi środkami dążyć do należytej konserwacji urządzeń w gorzelniach, aby możliwie przedłużyć ich zdolność do pracy, ponieważ na odnowienie maszyn i budynków wobec braku zysków z przedsiębiorstwa niema skąd czerpać środków. Jeżeli już zachodzi konieczność odnowienia części urządzenia, to środki na to trzeba brać z innych źródeł, co jest zjawiskiem nienormalnem. Gorzelnia stanowi bowiem w ogólnem gospodarstwie rolnem jednostkę samodzielną i jako taka powinna być conajmniej samowystarczalną.

Przejdziemy do omówienia stanu siłowni w gorzelniach. Jeżeli stan maszyny parowej jest zły, to niema jeszcze powodu do zmartwienia, ponieważ para odlotowa zostaje w większości wypadków całkowicie zużytkowana dalej dla celów fabrykacyjnych. Jeżeli niektóre gorzelnie tej pary jeszcze nie zużytkowują, to w celu zmniejszenia zużycia węgla, powinny takie niekosztowne instalacje jak najprędzej zastosować, aby nie wypuszczać pary w powietrze. Kocioł w gorzelniach, z niezrozumiałych przyczyn, jest specjalnie źle traktowany, chociaż jest najdroższem urządzeniem w gorzelni, kosztowniejszem nawet niż nowoczesny miedziany aparat odpędowy. Jest pewna podstawa do stwierdzenia, że o ile nie byłoby przymusu przedstawiania kotła do rewizji, to kocioł całemi latami nie byłby czyszczony ani z kamienia kotłowego ani z sadzy i popiołu. W wielu wypadkach dało się stwierdzić, że nawet w 3 do 4 miesięcy po zakończeniu kampanji brudna woda w kotle, zawierająca dużo substancyj żrących, nie została spuszczona. Powoduje to korozje blach kotłowych i konieczność częstych i kosztownych napraw. Zaraz po spuszczeniu wody należy przystąpić do całkowitego oczyszczenia kotła jak od wewnątrz tak i zzewnątrz i w stanie oczyszczonym, od strony wodnej nagrafitowanym, pozostawić go do przyszłej kampanji.

Ze względu na nikłe kontygenty przydzielanego spirytusu wszystkie gorzelnie zmuszone są przerabiać dziennie tylko t. zw. jeden zacier, czyli wytwarzać około 400 *ltr.* surówki. Taki system pracy pociąga za sobą zwiększone zużycie węgla, niż praca na 2 albo 3 zaciery, jak to praktykowano przed wojną.

Zużycie węgla na jeden zacier waha się w dość szerokich granicach a mianowicie od 600 do 1200 kg, czyli w odniesieniu do 1 *ltr.* wytworzonej surówki wychodzi od 1½ do 3 *kg.* Wyjaśnimy, skąd pochodzi taka duża rozpiętość. Otóż w pierwszym rzędzie przyczyna zwiększonego zużycia węgla leży w nieprawidłowej konstrukcji obmurza kotła i bardzo złego zabezpieczenia go od strat promieniowania ciepła nazewnątrz. Praca w gorzelni obec-

nie kończy się około g. 12-ej w południe. Do ranka dnia następnego kocioł prawie we wszystkich gorzelniach, zupełnie ostyga i trzeba go na nowo rozpalać. Powoduje to dodatkowe zużycie węgla na rozpalanie kotła w granicach 70 — 120 *kg,* w zależności od wielkości kotła. Przy dobrem otuleniu kotła i uszczelnieniu zasuwy, jak sam niejednokrotnie stwierdziłem, kocioł nietylko nie ostygnie, lecz zachowa nawet ciśnienie pary z małym jedynie jego spadkiem 1½ — 2 *atn.* Można więc osiągnąć na rozpalaniu kotła, co prawda nieznaczną, lecz zato nie wymagającą prawie żadnych nakładów oszczędność, niezbędne bowiem przeróbki można wykonać sposobem gospodarczym według wskazówek inżyniera dozoru kotłów. Przy 100-120 dniach pracy gorzelni osiągnięta przez to oszczędność może się wyrazić w ilości 7.000 — 14.000 *kg* węgla.

Drugą przyczyną, wywołującą zwiększenie zużycia węgla ponad normę, jest zbyt niskie ustawienie kotła, bardzo często u nas spotykane. Trudno jest zrozumieć, jakiemi względami powodowano się dawniej ustawiając kotły poniżej terenu podwórza na 1 i więcej metrów. Podczas deszczu albo odwilży woda przesącza się do dolnych kanałów kotła i część ciepła spalin zużywana jest na odparowanie tej wody. Oprócz tej straty zachodzą inne ujemne zjawiska, mianowicie dławienie ciągu (z powodu zwiększenia objętości gazów w kanałach i kominie) i przepalanie się rusztów. Pozatem w okresie nieczynności kotła wilgoć w kanałach powoduje silne rdzewienie blach kotła, szczególnie w miejscach stykania się ich z nasiąkniętem wilgocią obmurzem. Podniesienie więc kotła chociażby do poziomu terenu jest w tych wypadkach konieczne, ze względu na oszczędność w opale i na konserwację kotła.

Trzecią przyczyną zwiększonego zużycia węgla jest przeważnie nieprawidłowa konstrukcja obmurza kotła, w szczególności nieodpowiednie przekroje przelotów. Przed wojną tą sprawą u nas zupełnie się nie interesowano, ponieważ technika cieplna stała jeszcze na niskim poziomie, a materjał opałowy był tani. Nieprawidłowe przekroje kanałów dla spalin powodują złą wymianę ciepła i spaliny uchodzą do komina przy zbyt wysokiej temperaturze.

Koszty podniesienia kotła albo zmiany obmurza są jednak dla gorzelń, pracujących z tak małym zyskiem stosunkowo znaczne i wyrażają się kwotą 1.200 — 1.800 zł., w zależności od wielkości kotła.

O jakichkolwiek większych ulepszeniach w gorzelniach niema celu dziś mówić, ponieważ takie inwestycje pociągnęłyby za sobą już znaczniejsze koszty, których gorzelnia pokryć nie może. Do chwili poprawy konjunktury dla tych przedsiębiorstw można więc tylko radzić wykonanie powyżej przytoczonych przeróbek w kotłowni, a przedewszystkiem staranną konserwację wszystkich urządzeń maszynowych.

Trzecią grupą co do ilości kotłów i silników parowych są miejskie zakłady użyteczności publicznej. Należałoby przypuszczać, że gospodarka cieplna powinna być w tych zakładach w stanie conajmniej zadawalniającym, rzeczywistość jednak, niestety, temu przeczy. Obok pojedyńczych pierwszorzędnie i dobrze prowadzonych zakładów większość pracuje wybitnie nieekonomicznie i nieracjonalnie. Jeżeli dla przykładu weźmiemy Elektrownię Miejską w Poznaniu lub Bydgoszczy (coprawda nowocześnie urządzone), gdzie średnie roczne zużycie węgla na jedną wytworzoną kilowattgodzinę wynosi od 0,78 — 0,80 *kg,* to na prowincji nawet w większych miastach powiatowych zużycie węgla dochodzi do 2,5 — 3, a nawet i 4 *kg* na 1 *kWh,* czyli 4—5 krotnie więcej. Naturalnie, mniejsze i starsze instalacje kotłowe i maszynowe muszą posiadać znacznie niższą sprawność i mechaniczną i cieplną, lecz w każdym razie nie w podanym wyżej stosunku. Jest to tembardziej uderzające, że w odróżnieniu od innych zakładów przemysłowych na czele zakładów miejskich stoją przeważnie ludzie z wykształceniem technicznem.

Byłoby jednak niesłusznem, gdybyśmy całą winę nieekonomicznej pracy urządzeń chcieli przypisać niewłaściwemu lub nieudolnemu kierownictwu technicznemu. Przeciwnie, kierownicy zakładów miejskich wykazują nieraz i fachowe uzdolnienie i najlepszą wolę w kierunku wykonania inwestycyj, które mogłyby dać oszczędność na materjale opałowym, niestety, jednak przeważnie wszystkie ich poczynania rozbijają się o trudności finansowe.

Zarządy miejskie uważając zakłady miejskie za jedno z głównych źródeł dochodu starają się z nich jak najwięcej wycisnąć, natomiast skutkiem nieznajomości rzeczy i braku środków niechętnie ponoszą jakiekolwiek wydatki, któreby przez oszczędność na materjale opałowym mogły w przyszłości podnieść rentowność przedsiębiorstw.

Na tem tle powstają też częste konflikty pomiędzy kierownikami zakładów a zarządami miejskiemi wzgl. burmistrzami.

(Dokończenie nastąpi).

A. KOZŁOWSKI inż.

USZKODZENIA KOTŁÓW PAROWYCH.

PRZYCZYNY ICH POWSTAWANIA I SPOSOBY NAPRAWY.

Wbrew zapewnieniom techników z końca 19-go i początków 20-go wieku, że silniki parowe, od czasu wynalezienia i ulepszenia wysokosprawnych silników spalinowych, muszą zejść z dominującego w świecie technicznym stanowiska na plan dalszy, podrzędny, — para wodna, opierając się na licznych zespołach ulepszonych i zbudowanych na nowych zasadach, wysokoprężnych kotłów i turbin parowych, nadal utrzymuje niepodzielne prawie panowanie w technice i w przemyśle.

Para wodna, energja której służy do uruchamiania tak licznych i tak rozmaitych obecnie silników parowych czy też do aparatów grzejnych, wymagających ciśnienia wyższego ponad atmosferyczne, wytwarzana jest, jak wiadomo, w zamkniętych naczyniach nazywanych kotłami parowemi.

Nie poruszając tutaj różnorodności typów kotłów parowych, musimy stwierdzić, że ogólnie biorąc są one podstawową częścią prawie każdego przedsiębiorstwa, uruchamianego silnikiem parowym: czy to, w gospodarstwie rolnem w postaci młocarni z lokomobilą, czy w dużej centralnej elektrowni, w postaci turbogeneratora o wielotysięcznej mocy.

Nic więc dziwnego, że na to podstawowe źródło energji powinna być zwrócona szczególnie baczna uwaga i niezmiernie troskliwa opieka każdego właściciela przedsiębiorstwa, każdego kierownika-inżyniera.

Wobec tego zaś, że wszystko ulega odwiecznemu prawu starzenia się, zużywania i psucia, kotły parowe podlegają tej nieubłaganej regule tembardziej, że pracują nieraz w niezmiernie ciężkich warunkach.

Poznanie tych podstawowych przyczyn i dodatkowych wpływów, powodujących przyśpieszenie starości kotła i jego uszkodzeń oraz środków zapobiegawczych i sposobów naprawy uszkodzeń już powstałych pozwoli w wielu wypadkach na uniknięcie zbytecznych kosztów, przykrych przerw ruchu, lub nawet katastrofalnych skutków wybuchu kotła.

Nie roszczę pretensji, by w tak krótkim artykule przedstawić całokształt niezmiernie różnorodnych uszkodzeń kotłów, zagadnienia te bowiem mogłyby być tematem większego dzieła pod tytułem „patologja i chirurgja kotłów parowych". Postaram się jednak uwypuklić najważniejsze przyczyny i najczęściej spotykane uszkodzenia.

Rozpatrzymy więc kolejno przyczyny i równolegle spowodowane przez nie uszkodzenia, a potem przystąpimy do zaznajomienia się ze środkami zapobiegawczemi i sposobami naprawy.

Przyczyny powodujące uszkodzenia mogą być zasadniczo podzielone na kilka grup, a mianowicie:

a) Wiek kotła. Po upływie kilkudziesięciu lat pracy kotła, zależnie od jakości i obciążenia blachy materjał blachy zmienia swą wewnętrzną strukturę, żelazo się męczy, starzeje jak mówimy. Zachodzą zmiany budowy krystalicznej.

Dzięki zmianie struktury krystalicznej, stopniowo się zmieniają i właściwości blachy. Żelazo ciągliwe i giętkie staje się materjałem kruchym i łamliwym.

Na wygięciach blach powstają drobne rysy. Miejsca rozciągane szczególnie w osłabionych otworami nitów szwach, nadrywają się. Blachy kotła, pod wpływem ciśnienia wewnętrznego, i naprężeń termicznych tracą zdolność do sprężystych deformacyj: powstają odkształcenia stałe.

b) Druga i jedna z najpoważniejszych przyczyn uszkodzeń kotłów, decydująca bodaj najpoważniej o trwałości kotła, pewności ruchu i ekonomji jego pracy, to jakość wody zasilającej.

Zlekceważenie sprawy wody bardzo często prowadzi do poważnych trudności w pracy, powoduje znaczne koszty na nieprzewidziane dodatkowe inwestycje i naprawy oraz zmusza czasami do usuwania kotłów po kilku latach pracy.

Wody bezwzględnie czystej w przyrodzie, jak wiadomo, niema. Nawet woda deszczowa zawiera zanieczyszczenia, pochodzące z pyłu w powietrzu i jest nasycona rozpuszczonemi gazami.

Zanieczyszczenia wody bywają mechaniczne: piasek, glina, domieszki organiczne i chemiczne: rozmaite związki węglanów, siarczanów i chlorków wapna, magnezu, sodu i t. d. oraz rozpuszczone gazy — tlenu, azotu i bezwodnika węglowego.

Ogólna ilość zanieczyszczeń w najlepszych wodach wynosi około 100 *mg/l* t. j. 0,01%. Praktyka wykazała, że przy zanieczyszczeniu wody ponad 600 *mg/l* czyli 0,06% woda nie nadaje się do zasilania kotłów, nawet przy stosowaniu rozmaitych sposobów zmiękczania i oczyszczania.

Mechaniczne zanieczyszczenia wody zasilającej, i rozkładające się w gorącej wodzie

zanieczyszczenia chemiczne są jednym z najpoważniejszych, jak już zaznaczyłem, czynników powodujących uszkodzenia kotłów parowych.

Osad, więcej lub mniej twardy, osiadający na ścianach kotła stanowi bardzo dobrą izolację, która może spowodować przegrzanie i przepalenie blachy.

Powstają wydęcia, pęknięcia, a w wyniku czasami i wybuchy kotłów.

Drobne cząstki zanieczyszczeń zatykają otwory kranów, wodowskazów; porywane zaś przez parę — zanieczyszczają i niszczą przewody i nawet silniki.

Kwasy, powstające z zanieczyszczeń chemicznych, powodują rdzewienie i wyżeranie blach, przyczem wpływ ten szczególnie ujemnie odbija się na wszelkiego rodzaju uszkodzeniach z innych powodów, jak naprzykład: drobne nadpęknięcia, pod żrącem działaniem zanieczyszczeń wody, zamieniają się prędko na głębokie niebezpieczne wyżarcia; lekkie nieznaczne wydęcie, pod izolującą warstwą kamienia, prędko się przepala i pęka i t. d.

Kamień kotłowy wreszcie, z punktu widzenia ekonomji pracy, zwiększa w bardzo znacznym stopniu zużycie paliwa.

Dość powiedzieć, że 0.5 *mm* warstwa kamienia zwiększa zużycie paliwa o 3 — 4%, a przy grubości osadu 3 *mm* już o 14 — 16% i t. d. — crescendo.

Oprócz tych naturalnych domieszek do wody zasilającej, ilość których zależna jest od lokalnych warunków, w znacznie większym stopniu niebezpiecznemi są domieszki rozmaitych tłuszczów, względnie smarów, trafiających z wodą zasilającą do kotła.

Smary organiczne, czy mineralne, rozkładając się w wodzie kotła i częściowo łącząc się z solami chemicznych zanieczyszczeń, powodują zmydlenie i pienienie się wody pozostałe zaś części organiczne lub mineralne osiadając na blasze kotła, tworzą warstwę osadu o znacznie gorszem przewodnictwie ciepła od najtwardszego kamienia: jeden milimetr warstwy tłustego osadu odpowiada, pod względem przewodnictwa ciepła, warstwie kamienia grubości od 15-tu do 20-tu *mm* To też osad tłusty lub kamień kotłowy, zmieszany z tłuszczem, grubości od 2 do 3-ch *mm*, może spowodować przepalenie blachy, wydęcia, pęknięcia, czyli że nawet może być przyczyną wybuchu kotła.

c) Następną przyczyną uszkodzeń kotłów, w obranej przeze mnie kolejności, są szczegóły konstrukcji kotła.

Na wszelkich zbyt ostrych zagięciach, podlegających podczas pracy kotła, lekkiemu nawet zginaniu i rozginaniu, mogą po pewnym okresie czasu powstawać nadpęknięcia; mowa tu o wygięciach dennic kotłów, ścian sitowych, krućców, komór wodnych i t. p.

Dalej płaskie ściany, wymagające specjalnych wzmocnień, przy osłabieniu lub uszkodzeniu wzmocnienia łatwo tworzą wydęcie i pęknięcia. Podlegające działaniu spalin miejsca, w których z powodu złej cyrkulacji wody tworzą się duże pęcherze parowe przepalają się, deformują i pękają. Zachodzi to np. w długich podgrzewnikach, t. zw. buljerach, lub w dolnych kotłach Tischbeina.

d) Bezpośrednio z poprzednią łączy się następna przyczyna uszkodzeń kotłów, a mianowicie wadliwe, niefachowe lub niedbałe wykonanie kotła.

Większość ujawnionych naderwań w szwach nitowanych kotłów pochodzi z powodu niedbałego lub niefachowego wykonania nicenia. Przebijane otwory na nity z naderwanemi już w budowie krawędziami, niedokładnie zbiegające się otwory, jednostronne lub wadliwie dopasowane łubki, (wspomnijmy o głośnej swego czasu sprawie łubek w kotłach Garbe), tworzą przyczynę naderwań i pęknięć ,często ujawnianych niestety już po wypadku, ponieważ pęknięcia niceń są trudne do ujawnienia zawczasu, jako że najczęściej rozpoczynają się od strony wewnętrznej złożonych w niceniu blach.

Wyginanie i dopasowywanie blach i innych części składowych kotła bez dostatecznego wyżarzania tworzy na zgięciach nie tylko silne wewnętrzne dodatkowe naprężenia, lecz często i drobne, niewidoczne może dla oka, nadpęknięcia, które pod działaniem pracy, a szczególnie niszczycielskiego wpływu zanieczyszczeń wody bardzo prędko dochodzą do stanu, wymagającego chirurgicznych zabiegów.

Obcinanie krawędzi, wycinanie otworów w blasze przeprowadzone nieumiejętnie, powoduje takież naderwania krawędzi denek, niceń, krawędzi otworów włazowych.

Nieumiejętne spawanie na ogniu, sposobem acetylenowym lub elektrycznym, szczególnie w narożnikach takich części kotła jak: ścianki sitowe, komory wodne dna komór sekcyjnych często bywało przyczyną wielu kosztów i kłopotów z naprawą.

e) Czasami zupełnie rzekomo drobne przyczyny, tak często niestety lekceważone, mogą spowodować poważne uszkodzenia kotłów. Mam na widoku zbyt bagatelizowane w większości kotłowni drobne na pozór nieszczelności rozmaitego rodzaju: nieznaczne np. prawie parowanie z pod krawędzi nicenia, lub koło kołnierza jakiegoś zaworu czy krućca.

Zdawałoby się, rzeczywiście, że to jest drobiazg, gdyby nie okoliczność, że te drobne na pozór parowania, lub przeciekania niezmiernie prędko niszczą blachę w miejscu nieszczelności.

Żelazo stale wilgotne i rozgrzane intensywniej utlenia się t. j. rdzewieje, a silny strumień pary, czy wody odgrywa stale utleniane cząsteczki żelaza i stopniowo wyżera głębokie wyżłobienia; blacha staje się w tem miejscu coraz cieńsza i czasami, szczególnie w mało widocznych i trudno dostępnych miejscach, jak naprz. koło krućca zaworu spustowego pod kotłem lub na niceniu w kanałach spalinowycch, lub też w połączeniu opłomek z komorami, ta na pozór tak błaha przyczyna powoduje rozdarcie osłabionej blachy.

f) Wadliwe i niefachowe ustawienie, zmontowanie i obmurowanie kotła jest też jedną z poważniejszych przyczyn uszkodzeń.

Taki naprzykład drobny szczegół jak podparcie kotła, lub zawieszenie, umieszczone nie odpowiednio, lub niedokładnie obliczone, powoduje wgniecenia blach i naderwanie sąsiednich niceń. Nieuwzględnienie wydłużania się kotła przy nagrzaniu powoduje wyginanie długich walczaków, nadłamywanie łączących je krućców, kołnierzy komór wodnych i rur opadowych. Wilgotne, niedostatecznie zabezpieczone od wody zaskórnej, obmurze kotła nieraz było przyczyną poważnych przerdzewień blach kotła na wylot w miejscach stykających się z obmurzem. Uszkodzenia tego rodzaju są tem niebezpieczniejsze, że nie są widoczne, ponieważ wewnątrz kotła blacha w tem miejscu może być zupełnie gładka, a dopiero po usunięciu obmurza, już czasami po wypadku, można stwierdzić, że wyrdzewienie było bardzo głębokie.

Wadliwe przeprowadzenie kanałów spalinowych w obmurzu kotłów, szczególnie w przestrzeni parowej kotła powoduje przepalanie, głębokie wyżarcia i pękanie skruszonej przegrzaniem blachy.

Znane są, naprzykład, uszkodzenia tylnych den kotłów płomienicowych z przegrzewaczem pary ustawionym nad ostatniemi dzwonami walczaka u góry. Tylne dno i górne części walczaka pod przegrzewaczem, po kilku latach pracy, pokrywają się od strony wewnętrznej grubą łuską utlenionego żelaza, która odpadając pozostawia głębokie czarne rany wyżarć.

g) Ostatnią, w przyjętej przeze mnie kolejności przyczyn uszkodzeń kotłów, będzie— nieumiejętne obchodzenie się z kotłem: wadliwe prowadzenie pracy kotła, niedbały dozór i niefachowa obsługa. Przyczyny te obejmują poniekąd wszystkie wyszczególnione i omówione poprzednio powody zachorzeń kotłów i posiadają bezwzględne pierwszeństwo w wytwarzaniu chorobliwych stanów i wynikających stąd wypadków, kłopotów i nieprzewidzianych kosztów.

Nadmierne bowiem przeciążenie kotła, forsowanie, zmuszanie kotła do pracy ponad jego siły wywoła przyśpieszenie normalnego zuzycia i zmniejszenie wieku pracy kotła.

Lekceważenie sprawy czyszczenia kotła z kamienia i osadu, powoduje, jak już mówiliśmy uszkodzenia blach w postaci wyżarć, wydęć i przepaleń, nie mówiąc już o nadmiernem zużyciu paliwa.

Nieumiejętne prowadzenie paleniska, oprócz pomijanej w obecnym artykule stronie ekonomji paliwa, powoduje liczne możliwości uszkodzeń i wypadków: nieszczelności raptownie studzonych rur, pękanie, pod wpływem zimnego powietrza ścian sitowych, topienie się ścianek paleniska i wybuchy gazów w palenisku i w kanałach spalinowych.

I, wreszcie powód wielu wybuchów kotłów i ofiar ludzkich, niedbałość w utrzymywaniu wymaganej ilości wody w kotle.

Kocioł w najlepszym stanie, czysty —bez osadu—wewnątrz, przy jednorazowem opuszczeniu poziomu wody poniżej linji ogniowej i obnażeniu blach rozgrzanych płomieniem lub spalinami, ulegnie zepsuciu: powstaną wydęcia, pęknięcia, a możliwy jest nawet wybuch kotła.

Po zaznajomieniu się z zasadniczemi przyczynami uszkodzeń kotłów i ich charakterystycznemi przejawami, przejdziemy do omówienia podstawowych środków zapobiegawczych przeciw tworzeniu się uszkodzeń oraz skuteczności sposobów powstrzymania rozwoju, względnie naprawy powstałych już uszkodzeń.

Przy omawianiu tego działu postaram się zachować poprzednią kolejność, a mianowicie:

1) Wiek kotła. Gdybyśmy zadali pytanie: ile lat może pracować kocioł, to nie bylibyśmy w stanie dać na nie ścisłej i dokładnej odpowiedzi.

Biorąc bowiem pod uwagę tak liczne dodatkowe, o jakich już mówiliśmy, wpływy, decydujące o trwałości kotła, możemy tylko powiedzieć, że czasami już po roku — dwuch latach pracy, w szczególnie niepomyślnych warunkach, kocioł musi być usunięty jako zupełnie zużyty, a czasami spotykamy kotły, w szczególnie znowu dobrych warunkach, których wiek dochodzi do 50 — 60 lat.

Przed wojną, a nawet dwadzieścia - trzydzieści lat temu, kiedy zresztą blacha kotłowa była wykonana z żelaza spawalnego, wiek pracy był określany, szczególnie dla kotłów lokomobilowych, jako narażonych na dodatkowe drżenia i wstrząsy, na 15 do 25 lat.

Obecnie zaś kiedy kotły wykonywane są tylko ze żelaza zlewnego, praktyka wykazuje, że blacha kotłowa, nawet najlepsza, (boć przecie i obecnie często blacha wychodzi z huty już z wewnętrznemi niedomaganiami) po 30

40-tu latach pracy traci swe zalety wytrzymałości i ciągliwości.

Dla kotłów podejrzanych o starość, t. j. nie posiadanych dokładnego dowodu pochodzenia i metryki, przepisy państwowe o dozorze, wymagają obniżenia o ⅛-cią ciśnienia, otrzymanego z normalnego przeliczenia.

Jeżeli zaś powstaje niepewność wytrzymałości blach starego kotła, chociażby innych, poza wickiem, poważnych wad nie posiadał, zaleca się wycięcie kawałka blachy i zbadanie go w odpowiedniem laboratorjum, a następnie, obniżenie w odpowiednim stosunku ciśnienia roboczego.

2) Woda zasilająca. Nie będę zastananawał się szczegółowo nad sposobami oczyszczania i zmiękczania wody zasilającej kotły, temat ten bowiem mógłby stanowić treść poważnych prac naukowych, nadmienię tylko, że jeżeli woda zasilająca zawiera ponad dopuszczalną normę zanieczyszczeń zależną i od typu kotła, należy ją bezwzględnie oczyszczać.

Mechaniczne domieszki mogą być usuwane w rozmaitego rodzaju filtrach, chemiczne zaś strącane w specjalnych aparatach zapomocą dodawania odpowiednich odczynników, lub przepuszczania przez stałe ładunki t. zw. zeolitów, lub oddzielane drogą podgrzewania wody zasilającej przed kotłem do temperatury, przy której strącane są zawiesiny.

Stosowanie takiego, lub innego sposobu oczyszczania wody zasilającej musi być oparte na odpowiedniej kalkulacji i dokładnej analizie i kosztów i wody zasilającej.

Określanie bowiem jakości wody tylko na podstawie prób twardości, jest obecnie przestarzałe, jako nie ujawniające wielu zanieczyszczeń szkodliwszych od związków wapna i magnezu.

Dla oddzielania smarów od wody zasilającej rynek techniczny posiada obecnie znaczną ilość rozmaitego rodzaju odoliwiaczy; najsprawniejszemi bodaj i najprostszemi są filtry z gąbkami, lub z wełną drzewną, muszą być tylko, jak zresztą i wszystkie inne, pieczołowicie doglądane i obsługiwane.

Jeżeli jednak oczyszczanie wody nie opłaci się lub jest niedostateczne i w kotle tworzy się szkodliwy osad i kamień, należy perjodycznie, zależnie od grubości tego kamienia, oczyszczać kocioł wewnątrz.

Istnieją rozmaite aparaty do odbijania kamienia, szczególnie w opłomkach kotłów wodnorurkowych, lecz u nas w Polsce panują przeważnie nadal w tej dziedzinie oskardził, skrobaczka i szczotka. Odbijać kamień należy tak, aby nie nadcinać wierzchniej powłoki blachy, która, dzięki pewnemu utwardzeniu, nie jest wrażliwą na działanie kwasów i innych niszczących składników wody, uszkodzenia zaś tej powłoki przyśpieszają tworzenie się wyrdzewień.

Sposobów na zmniejszanie ilości osadu, po za oszyszczeniem wody nazewnątrz kotła, niema, są tylko sposoby zmiękczania kamienia, przez dodawanie sody, garbników, wywaru siemienia lnianego fosforanów sodu i tp. lub zmniejszenia spoistości kamienia z blachą, jak nacieranie blach grafitem z mlekiem odtłuszczonem i t. d. w zasadzie jednak wszystkie te środki ułatwiają jedynie czyszczenie kotła, lecz nie zabezpieczają od szkodliwych izolujących własności osadu.

3) Konstrukcyjne wady budowy. Z postępem wiedzy i doświadczenia techniki kotłowej, budownictwo kotłowe stale tworzy nowe coraz więcej przemyślane i zbadane konstrukcje, to też w nowych kotłach wad konstrukcyjnych jest znacznie mniej niż w starych, naprzykład w walczakowych z podgrzewnikami, t. zw. buljerami. Lecz wobec tego, że mamy dotychczas w pracy przeważnie jeszcze kotły starej konstrukcji, zadaniem naszem jest możliwe zmniejszanie ujemnych wpływów na trwałość i bezpieczeństwo kotłów, tych wadliwych szczegółów przestarzałych konstrukcyj.

4) Błędy samego wykonania kotłów i dowolnego stosowania materjałów i sposobów budowy, zostały obecnie jak w innych państwach, tak i u nas w Polsce szczegółowo objęte przepisami prawnemi. Uwarunkowano wyraźnie materjały stosowane do budowy, opracowano sposoby badania tych materjałów. Następnie zabroniono wyginania blach bez dostatecznego rozgrzania i bez użycia pras. Wskazano sposoby obcinania blach i wycinania otworów.

W kotłach już pracujących wszelkie stwierdzone błędy wykonania muszą być stopniowo usuwane lub przynajmniej łagodzone odpowiedniemi wzmocnieniami.

5) Tworzeniu się uszkodzeń z powodów nieszczelności rozmaitego rodzaju łączeń na kotle należy niezwłocznie zapobiegać i przez odpowiednie doszczelnienie.

Szew parujący możliwie najprędzej po ujawnieniu musi być doszczelniony. Pakunek niedostatecznie szczelny pod kryzą jakiego krućca, lub na właziе, albo na kołnierzu wyciąganego systemu rurowego kotła lokomobilowego winien być zmieniony na nowy.

Należy nadmienić że ta oszczędność, którą niektórzy krótkowzroczni właściciele i kierownicy kotłowni osiągają stosując tańsze gatunki szczeliwa bywa bardzo często udaremniona kosztami napraw wyżarć.

6) Wady montażowe ujawnione po ustawieniu kotła muszą być zawczasu, zanim poważniejsze uszkodzenie nastąpi, usunięte. Podpory pod kotłem muszą być obliczone dokładnie i ustawiane w miejscach dociskania nicenia, a nie rozrywania, naprzykład dla walczaków kotłów— pod zewnętrznemi arku-

szami blachy. Podwieszenie walczaków winno być obliczone i rozmieszczone celowo, aby mieć pewność, że kocioł pod ciężarem własnym i wody nie przegnie się lub nie zmieni swego położenia.

Możność rozszerzania się i wydłużania kotła musi być też zawsze uwzględniana, stosując w tym celu wałki lub sanki pod opory dla długich kotłów oraz elastyczne połączenia obmurza z kotłem — liny azbestowe.

Obmurze kotła powinno być zawsze suche, to też jeżeli w kotłowni grunt jest wilgotny, ogromną uwagę należy zwrócić na dostateczną izolację obmurza kotła od wilgoci gruntowej. Oprócz bowiem szkodliwego działania wilgotnego obmurza na blachę kotła, wilgoć w kanałach spalinowych, jak wiemy niezmiernie osłabia ciąg, a więc i proces spalania paliwa pod kotłem.

Jeżeli zaś wilgoć już się zakradła do obmurza kotła, daje się to zauważyć szczególnie w kotłach o pracy sezonowej (gorzelnie, cukrownie, suszarnie), to należy chociaż raz na parę lat obejrzeć miejsca stykania się blach z obmurzem, dla uniknięcia przykrych niespodzianek.

Przynajmniej raz lub dwa do roku należy też oglądać obmurowanie kanałów spalinowych i naprawiać uszkodzone sklepienia, aby nigdzie nie było miejsca przebijania się spalin ponad linję wodną. Linja ogniowa t. j. najwyższa linja kanałów spalinowych powinna leżeć nie mniej niż 100 *mm* poniżej linji wodnej.

7) Wadliwe prowadzenie kotła i niefachowa obsługa.

Stałe przeciążanie kotła, zmuszanie go do wytwarzania pary ponad normalną możność, w bardzo krótkim czasie zrujnuje jego zdrowie, to też należy unikać forsowania kotła, stosując zawsze odpowiedni kocioł do danego zapotrzebowania pary.

Praca kotła i praca paleniska podlegać musi stałej kontroli, to też celowa jest dążność współczesnej techniki cieplnej do automatyzacji pracy kotłów, do uniezależnienia tak poważnej instalacji od indywidualnych zdolności, sprytu, orjentacji i stanu nerwowego obsługi kotła. Stosowanie automatyzacji w szerszem znaczeniu jest możliwe dotychczas jednak tylko w większych instalacjach, ceny bowiem aparatów i przyrządów nie pozwalają na automatyzację nawet częściową mniejszych kotłów, musimy przeto szczególnie dbać o to aby przepisowe przynajmniej aparaty: wodowskazowe, zasilające, zawory bezpieczeństwa , manometr i zawory spustowe zawsze były w najlepszym porządku. Stopniowo, gdzie to tylko możliwe, pożądanem jest wprowadzanie pewnych chociaż przyrządów kontrolujących pracę palacza i pracę kotła, jak naprzykład wodomiarów, ciągomierzy, analizatorów spalin i t. p.

Nie należy zapominać, że często setki, a nawet tysiące złotych wylatują przez komin pod postacią niespalonego węgla, że czasami drobne uszkodzenia, lub nawet zanieczyszczenia części osprzętu kotła, czy też chwilowe zaniedbanie lub nieuwaga jednego człowieka może pozbawić cały zakład przemysłowy głównego źródła energji, narazić na ogromne koszty napraw lub nieprzewidzianych inwestycyj, a nawet spowodować groźny w następstwach wypadek wybuchu kotła.

Po rozpatrzeniu przyczyn, skutków i środków zapobiegawczych, przejdziemy z kolei do omówienia, w krótkim zarysie, sposobów naprawy uszkodzeń kotłów parowych. W celu ułatwienia orjentacji podzielimy wszystkie uszkodzenia na trzy charakterystyczne kategorje, a mianowicie: wygryzienia, czy wyrdzewienia, pęknięcia oraz naderwania i wydęcia.

I. Wygryzienia, wżarcia lub—jak jeszcze czasami nazywają je — korozje, bywają najrozmaitszego rodzaju. To jako liczne drobne wgłębienia charakteru ospowatego, rozrzucone po powierzchni blachy; to jako głębsze wyżarcia w postaci wgłębień muszlowych gdzieniegdzie na gładkiej blasze, to jako wyżarcia całemi płatami, zmniejszające grubość blachy na większej lub mniejszej przestrzeni, to wreszcie jako wgłębienia żłobkowe na wygięciach, lub koło krawędzi blach.

Decydując o sposobach naprawy wyżarć, należy zastanowić się zawsze nad stopniem niebezpieczeństwa tych uszkodzień. A więc o ile wyżarcia powierzchowne ospowate, lub też gdzie niegdzie rozrzucone głębsze małej średnicy wygryzienia nie przedstawiają niebezpieczeństwa i mogą być tylko powstrzymane w dalszym rozwoju zapomocą zatarcia grafitem, czy nawet zacementowania, a w ostateczności przy głębszych i większych lokalnych wyżarciach zalane żelazem, sposobem acetylenowym czy elektrycznym, o tyle wyżarcia całemi płatami lub wyżarcia żłobkowe, kiedy powstaje znaczne osłabienie blachy w tem miejscu, wymagają już zabiegów chirurgicznych.

Niegłębokie stosunkowo uszkodzenia tego rodzaju, t. j. kiedy jest pewność, że pozostała część blachy jest jeszcze zupełnie zdrowa mogą być usunięte zapomocą zapawania do normalnej grubości, po przedwstępnem wycięciu utlenionej warstwy do czystego metalu. Jeżeli zaś zachodzi wątpliwość czy zapawanie będzie trwałe, naprzykład na zbyt cienkiej warstewce blachy, którą łatwo przy zapawaniu przepalić, lub na wygięciu podlegającemu zginaniu podczas pracy, należy wyciąć uszkodzone miejsce i wstawić łatę Łaty na nitach należy zawsze, o ile to tylko możliwe, stawiać od strony wody, aby były przyciskane, a nie odgrywane ciśnieniem w

kotle. Przy obecnym postępie spawania acetylenowego, a szczególnie elektrycznego, dozwolonem jest za zgodą organów Stow. Dozoru Kotłów wpawanie łat, lecz tylko tak, aby szew zapawany nie podlegał zginaniu w czasie pracy kotła.

II. Drobne pęknięcia na ściankach kotła, lub na ścianie sitowej skrzyni ogniowej komory wodnej, nie przedstawiające jeszcze większego niebezpieczeństwa lub w wypadkach utrudniających przystąpienie do gruntownej naprawy, mogą być czasowo doszczelnione zapomocą szpilkowania, t.j. wkręcenia szeregu gwintowanych miedzianych pręcików, o średnicy 3 — 6 *mm* wzdłuż pęknięcia po za granice samego naderwania tak, aby część każdego pręcika wchodziła w sąsiedni. Rozsztamowując ten szew z obudwuch stron lub chociaż z jednej, uzyskujemy dostateczne doszczelnienie, lecz ma się rozumieć, nie odzyskamy wzmocnienia osłabionego pęknięciem miejsca, to też naprawa taka może być stosowana tylko jako prowizorjum.

Wogóle wszelkie pęknięcia i naderwania, z chwilą dojścia do stanu zagrażającego bezpieczeństwu, muszą być usuwane zapomocą wycinania i zapawania, jeżeli leżą w miejscach pozwalających na zastosowanie spawania t.j. jeżeli nie są narażone na zginanie jak np. charakterystyczne pękniecia den na wygięciach w kotłach płomienicowych, lub naprawiane zapomocą przynitowania, lub wpawania łaty, po uprzedniem jednak wyciąciu miejsca uszkodzonego; nakładanie bowiem łaty na miejsce uszkodzone bez wycięcia, usztywnia tylko to miejsce i nie tylko nie powstrzymuje pęknięcia, a nawet może je przyśpieszyć.

III. Mówiąc o trzeciej kategorji uszkodzeń kotłów, o wydęciach, znowu należy podkreślić kwestję stanu niebezpieczeństwa, a więc lekkie wydecia pomiędzy śrubami kotwowemi sufitu skrzyni ogniowej kotła parowozowego, lub pomiędzy zespórkami bocznych ścianek tej skrzyni, lub nawet małe wydęcie w płomienicy, w tych wypadkach kiedy jest pewność, że miejsca te są dostatecznie jeszcze mocne ,a blacha nie straciła znacznie na grubości, można pozostawić bez naprawy, wzmacniając tylko ochronę tych miejsc, drogą częstego czyszczenia z osadu lub ustawienia korka topliwego.

Wydęcia większe o łagodnem przejściu do niezdeformowanej blachy, w którem blacha sie tylko wgięła, a nie wyciągnęła i nie zmniejszyła znacznie swej grubości, oraz kiedy blacha nie została zbytnio przegrzana i przepalona, mogą być wyprostowane.

Wyprostowanie powinno być dokonane bardzo umiejętnie z zastosowaniem dostatecznego rozgrzania blachy żarem węgla drzewnego, odpowiedniego szablonu i lewaru, a nie zapomocą uderzeń młota, takie bowiem wyprostowanie nie polepsza, lecz pogarsza sytuację.

Wydęcia duże o charakterze pęcherzy, rozciągniętej, kosztem swej grubości, blachy, lub z przepaloną blachą, muszą być niezwłocznie usuwane. Wobec tego, że wydęcia tworzą się prawie zawsze w miejcach najintensywniejszego działania płomienia, nie zalecałbym nigdy stawiania przy większych wydęciach łat na miejscu wyciętych wydęć.

Przy większych wydęciach zaleca się usuwanie całej uszkodzonej części, naprzykład: dzwona płomienicy, ściany sitowej, czy uszkodzonego arkusza blachy walczaka.

Kończąc ten krótki przegląd uszkodzeń kotłów, przyczyn powstania i sposobów naprawy, który z konieczności, wobec ogromnej ilości materjału i ograniczonego miejsca, musiał być ujęty pobieżnie, pozwolę poruszyć sprawę konieczności rewizji stosunku przemysłowców i kierowników kotłowni do przepisów prawnych i do inżyniera-rewidenta dozoru kotłów.

Stosunek ten dotychczas, w bardzo wielu wypadkach, nie jest oparty na zdrowych i rozumnych podstawach. Spotykamy się niestety często z zapatrywaniem, że przepisy o dozorze kotłów są czemś w rodzaju szykan biurokratycznych, utrudniających rzekomo pracę i niezależność instalacyj parowych. Tymczasem przepisy te, szczególnie praca inżyniera - rewidenta, mają na celu tylko interes i bezpieczeństwo tych instalacyj. Najlepszym dowodem tego jest to, że u nas w Polsce wypadki wybuchów kotłów, znajdujących się pod dozorem, są niezmiernie rzadkie, ostatni wybuch miał miejsce w 1924 r. i to właśnie dlatego tylko, że właściciel wiedząc o uszkodzeniu kotła, bez wiedzy inżyniera dokonał naprawy, która spowodowała wybuch.

Tymczasem w krajach gdzie przymusowego dozoru kotłów niema, a szczególnie w niektórych stanach Ameryki, wybuchy kotłów rok rocznie burzą kotłownie i zabijają setki, a nawet tysiące ludzi.

Pozwolę więc sobie zaapelować, do wszystkich właścicieli kotłów parowych i do osób stykających się bezpośrednio z kotłami i dozorem o uznanie konieczności oparcia stosunku z inżynierem-rewidentem na podstawach szczerego wzajemnego zaufania.

Mając pewność, że inżynier-rewident, jako fachowiec, lekarz i doradca nie zażąda nigdy niczego niepotrzebnego i niecelowego, a z drugiej strony, że właściciel kotła, czy kierownik nic nie chce ukryć przed inżynierem i że każde uszkodzenie kotła, każda projektowana naprawa zostanie wspólnie zbadana i omówiona, uniknie się wielu nieporozumień, niepotrzebnych tarć, strat materjalnych i wreszcie groźnych katastrof wybuchów kotłów.

W. R.

AMERYKAŃSKIE POGLĄDY NA BUDOWĘ KOTŁÓW PAROWYCH.

W Nr. 12. czasopisma „Power“ z roku 1935 ukazał się szereg artykułów omawiających poglądy na budowę kotłów parowych panujące obecnie w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej. Artykuły są opracowane przez redakcję czasopisma na padstawie materjałów zebranych ostatnio z praktyki wytwórczej i ruchowej, jak to zaznaczono we wstępie. — Mają one na celu zaznajomienie nabywców kotłów, którzy na ogół nie są specjalistami w tej dziedzinie z padstawowemi wiadomościami o budowie współczesnych kotłów. Artykuły te zawierają szereg informacyj mogących zainteresować czytelników europejskich, w wielu bowiem sprawach panują po drugiej stronie Atlantyku zupełnie odmienne poglądy niż u nas.

NORMALNE TYPY KOTŁÓW:

Artykuł rozpoczyna serja szkiców przedstawiających 26 typowych kotłów amerykańskich. Reprezentowane są wyłącznie kotły płomieniówkowe i opłomkowe. Uderza zupełny brak tak u nas rozpowszechnionych kotłów płomienicowych i lokomobilowych z poziomą płomienicą. Jedynym typem kotła z płomienicą jest kocioł statkowy szkocki. Kocioł płomieniówkowy jest reprezentowany przez 4 typy: dwa walczakowe z płomieniówkami, statkowy i parowozowy. Kotły płomieniówkowe stałe są rzadko budowane dla ciśnień ponad 10 *atn* i wydajności ponad 7000 *kg/h.* Kotły te są prawie wyłącznie nitowane, gdyż wytwórnie tych typów nie posiadają przeważnie wymaganych przez przepisy urządzeń do badania spawów promieniami Roentgena. Wyjątek stanowią kotły o ciśnieniach poniżej 1 *atn,* dla których nie jest wymagana ta kontrola. Największy kocioł, płomieniówkowy był zbudowany dla ciśnienia 28 *atn,* o średnicy 2440 *mm* z przepływem spalin przez płomieniówki w 2-ch kierunkach. W pierwszym ciągu kotłów tego typu są zazwyczaj stosowane rury 101,5 *mm* (4 calowe), w drugim o mniejszej średnicy.

Kotły typu parowozowego są stosowane jako przewoźne na polach naftowych.*)

Walczaki kotłów opłomkowych są z reguły spawane, szwy nitowane stają się wyjątkiem. Grubość ścian walczaków nie przekracza 114,5 *mm* (4,5 cala), gdyż obecnie stosowane promienie Roentgena nie przenikają przez płyty żelazne o większej grubości, a pozatem zachodzą trudności przy wyrobie grubszych blach. Ostatnio przystąpiono do budowy aparatu Roentgena dla blach 133 *mm* 5,25 cala). Przepisy zostały niedawno zmienione w kierunku dopuszczenia do użycia blach ze stali o wytrzymałości 49,0 kg/mm^2, podczas gdy poprzednio górną granicę stanowiła wytrzymałość 38,5 kg/mm^2

Kotły wodnorurowe komorowe**) są stosowane do ciśnień nie przekraczających 21 *atn.* Jeżeli kocioł ma mieć ponad 14 rur na szerokość, konieczne są 2 walczaki. Dlatego dla większych wydajności wypadają taniej kotły z poprzecznym walczakiem.

Kotły z poprzecznemi walczakami mogą być dostarczane do ciśnień 175 *atn.* Podwójne kotły tego typu były ustawiane dla produkcji po 450 *tonn* pary na godzinę. Na ogół ilość opłomek w jednej sekcji nie przekracza 24, chociaż były budowane kotły o 43 rzędach rur na wysokość. Ostatnio pojawiła się dążność do zmniejszenia ilości rzędów i przenoszenia powierzchni ogrzewanej na ściany wodne w palenisku i na podgrzewacze. Wynikiem tej dążności jest kocioł z 6-ma tylko rzędami rur.

Normalnie stosowane są rury 4 calowe, dla ciśnień ponad 35 *atn* bywają używane rury 89*mm* (3,5 calowe), a powyżej 49 *atn* — 82,5 *mm* (3,25 calowe). Długość rur wynosi zazwyczaj 5,5 do 6,0 *m,* maksymalnie 7,3 do 8,0 *m.*

Wysokie temperatury paleniska oraz wielkie obciążenia powierzchni ogrzewanej powodują trudności z powodu zażużlowania dwóch pierwszych rzędów opłomek, skutkiem czego przepływ spalin ulega dławieniu. Dla zapobiegania tym objawom stosuje się większe odstępy między rurami pierwszego rzędu, umieszczając tylko co drugą rurę, względnie uzyskuje się je przez wygęcie rur lub przez wstawienie poniżej pierwszego rzędu opłomek specjalnych rur służących jako ruszt przeciwżużlowy. Większe odstępy uniemożliwiają zasklepianie żyżlem przelotów pomiędzy rurami, a gromadzący się żużel odpada kawałami z rur[1]).

Kotły z wygiętemi opłomkami[2], są budowane w wielu odmianach, przeważnie o 2-ch do 4-rech walczakach. Kotły o wielkich wy-

*) U nas w górnictwie naftowem są używane wyłącznie kotły lokomobilowe z poziomą płomienicą, które należy uważać za lepsze dla tych celów od kotłów typu parowozowego.

**) U nas już niebudowane.

[1]) Na tę kwestję warto również zwrócić uwagę przy budowie naszych kotłów, w których także występuje często zarastanie żużlem pierwszych rzędów rur.

[2]) Typu Stirlinga.

dajnościach miewają do 8-miu walczaków. W kotłach tych typów są stosowane naogół rury o średnicach mniejszych niż 101.5 *mm* (4 cale), dla uniknięcia osłabienia otworami ścian walczaków i spowodowanej tem konieczności pogrubienia ich. Poniżej 35 *atn* są używane rury 82,5 *mm* (3,25 calowe), powyżej bywają stosowane rury 76,2 *mm* (3 calowe), a ostatnio zaczęto wprowadzać rury 51 *mm* (2 calowe). W pierwsze rzędy bywają wstawiane w większych odstępach rury 82,5 *mm* (3,25 calowe), a więc o większej średnicy dla odprowadzania większych ilości pary wyprodukowanej w nich, przyczem działają one jako ochrona przed zażużlowaniem. W dalszych rzędach stosuje się rury 51 *mm* (2 calowe). gdyż w ten sposób można pomieścić większą powierzchnię ogrzewaną bez powiększenia wymiarów obmurza. Dla powierzchni ogrzewanych ponad 460 m^2 stosuje się kotły 3-walczakowe.

Na opłomki są używane rury spawane na zakładkę lub bez szwu, a także przewidywane jest dopuszczenie rur spawanych elektrycznie.

ROZWÓJ BUDOWY KOTŁÓW.

Rozwój budowy kotłów charakteryzuje n. p. taki fakt: w zakładach Forda w River Rouge ustawiono w roku 1923 kocioł o pow. ogrzew. 2460 m^2 ciśnieniu 15,7 *atn* pracujący z obciążeniem 29 kg/m^2h przy 80% sprawności. Natomiast teraz ustawiono nowy kocioł o pow. ogrzew. 2790 m^2, ciśnieniu 98 *atn*, pracujący z obciążeniem 146 kg/m^2h przy 87% sprawności. Wydajność tego kotła wynosi 408 *t/h*. Oczywiście nie można przypisywać tych rezultatów samej powierzchni ogrzewanej kotła: zespół kotłowy składa się jeszcze z 2070 m^2 przegrzewacza, 2460 *m* podgrzewacza wody, 7980 m^2 podgrzewacza powietrza i 880 m^2 ścian wodnych w palenisku. Jeżeli zsumować powierzchnie ogrzewane z pominięciem podgrzewacza powietrza, to wtedy obciążenie powierzchni ogrzewanej wyniesie około 50 kg/m^2h.

Najbardziej rozpowszechnione są w Stanach Zjednoczonych przepisy Komisji Kotłowej Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników (A. S. M. E. Boiler Code Committee). Obowiązują one prawnie w 23 stanach oraz w 21 miastach. Ta naogół konserwatywna instytucja dopuściła spawanie kotłów w przepisach z roku 1931 z tem, że walczaki spawane muszą być prześwietlane promieniami Roentgena oraz muszą być usunięte naprężenia wewnętrzne. Obecnie walczaki spawane są uważane jako zupełnie bezpieczne nawet dla najwyższych ciśnień.

PRZEGRZEWACZE.

Przegrzewacze są wykonywane z rur gładkich lub żebrowych. Rury są zawalcowane albo w komory zbiorcze albo w walczak kotła i w komorę zbiorczą.

Konstrukcja przegrzewacza powinna zapewniać żądane przegrzanie bez zbytniego spadku ciśnienia oraz bez dużych różnic temperatury w razie zmian obciążenia. W przegrzewaczach ogrzewanych tylko przez przewodnictwo temperatura rośnie z obciążeniem, gdyż ze wzrostem obciążenia powiększa się przepływ pary, ale w większym stopniu wzrasta dopływ ciepła z powodu wyższej temperatury gazów i większej ich szybkości. Przeciwnie zachowuje się przegrzewacz opromieniowany: temperatura pary opada ze wzrostem obciążenia, gdyż dopływ ciepła wypromieniowanego zmienia się niewiele. Można więc ustawić przegrzewacz opromieniowany oraz drugi umieszczony dalej za rzędami opłomek, względnie wybrać dla przegrzewacza takie miejsce, by był częściowo opromieniowany.

ŚCIANY WODNE W PALENISKACH.

Ściany wodne w paleniskach mają zadanie obniżania temperatury paleniska. Odparowanie w nich może dochodzić do 500 kg/m^2h. Dlatego wymagają one wody nie pozostawiającej osadów, szybkiego obiegu wody oraz takiego układu rur, by nie tworzyły się martwe miejsca. W razie zaniechania tych warunków muszą pojawić się wybrzuszenia i pęknięcia rur. Na ściany wodne używane są rury 76,2 lub 82,5 *mm* (3 lub 3,25 calowe).

SZWY NITOWANE I SPAWANE.

Szwy nitowane na zakładkę 1-rzędowo są używane są rury 76,2 lub 82,5 *mm* (3 lub 3,25 nie szwów podłużnych na zakładkę jest ograniczone przepisami do średnic nie większych niż 915 *mm* (36 cali) oraz do ciśnień nieprzekraczających 7 *atn*. Uzasadnieniem tego zarządzenia jest obawa przed powstawaniem sił zginających.[1])

Szwy nitowane na zakładkę 1-rzędowo są kę nie bywają stosowane z powodu zbytniego osłabienia materjału w szwie (spółczynnik osłabienia poniżej 60%), co zmusza do znacznego pogrubienia blach.

Szwy nitowane z łubkami bywają dwutrzy-i czterorzędowe, przyczem zewnętrzne rzędy nitów mają większe odstępy między nitami. W należycie wykonanych szwach spół-

[1]) Zdaje się, że ostrożność jest tutaj zadaleko posunięta: w Europie walczaki o większych średnicach i dla wyższych ciśnień są nitowane na zakładkę, przyczem na ogół nie spotyka się uszkodzeń takich szwów.

czynnik osłabienia całego szwu powinien w przybliżeniu równać się spółczynnikowi osłabienia w zewnętrznym rzędzie nitów.

Stosowanie szwów nitowych ograniczone jest z jednej strony koniecznością powiększania grubości blach dla skompensowania ubytku materjału w otworach nitowych, z drugiej strony obawa przed kruchością kaustyczną (caustic embrittlement)[2].

Przepisy amerykańskie dopuściły od roku 1931 spawanie walczaków, z temi zastrzeżeniami, że muszą być zachowane określone typy szwów, próby fizyczne i chemiczne oraz konieczne jest wykonanie fotografji Roentgenowskich wszystkich szwów. Wykonano w ten sposób tysiące spawów, a wyniki są w zupełności pomyślne.

PRZEGRODY W KANAŁACH SPALINOWYCH.

W kotłach wodnorurowych są niezbędne przegrody dla nadania pożądanego kierunku spalinom. Przegrody powinny być tak zaprojektowane, by szybkość spalin była mniej więcej stała, zatem wolny przekrój powinien zmniejszać się proporcjonalnie do malejącej objętości spalin. Pozatem należy unikać martwych miejsc, które są trudne do oczyszczenia. Przegrody nie powiny utrudniać wymiany opłomek.

Ostatnio zaczęto stosować przegrody nadające kanałom kształt aerodynamiczny, przez co strata ciągu w kotle może zmaleć o 25%.

[2]) Ostatni motyw odpada u nas, gdyż—o ile mi wiadomo—nie stwierdzono na terenie Polski ani jednego wypadku pęknięć w szwach nitowych, który trzebaby tłumaczyć działaniem ługu sodowego. Zresztą ostatnio stwierdzono w Ameryce, że chemicznie czysty ług sodowy nie powoduje kruchości kaustycznej, objaw ten występuje dopiero w obecności innych związków. Ostatnie doświadczenia amerykańskie przeprowadzone przez Prof. Strauba, twórcę teorji o kruchości kaustycznej, wykazały, że występuje ona tylko w obecności krzemionki.

OSUSZACZE PARY.

Dla zatrzymania kropelek wilgoci porywanych przez parę z kotłów są wbudowywane w walczaki odpowiednie przegrody, których działanie polega na zmianie kierunku przepływu pary, przyczem kropelki jako cięższe wypadają ze strumienia pary. W kotłach pracujących z wielkiemi obciążeniami przy znacznych stężeniach rozpuszczonych związków w wodzie kotłowej stosowane są urządzenia dla przemywania wodą zasilającą pary wewnątrz walczaków. Podobno takie urządzenia zmniejszają zawartość związków stałych w parze do 1 *mg/l*[1]) a zawartość wilgoci w parze do ¼%.

WALCZAKI.

Walczaki są przeważnie spawane. Najpierw spaja się zwiniętą blachę podłużnie, a następnie przypaja wytłoczone dna.

Walczaki kotłów stromorurowych bywają wykonywane z dwóch blach o różnej grubości spawanych podłużnie. Pozwala to na użycie cieńszej blachy na część walczka, która jest mało osłabiona otworami na rury.

Ostatnio był wykonany walczak o grubości ściany 113 *mm* (5,25 cala), z jednego bloku. Dna wykonano z cieńszej blachy i przypojono do walczaka. Mogły one być w ten sposób wykonane, gdyż nie są osłabione otworami na rury jak walczak a pozatem naprężenia w szwach poprzecznych są mniejsze niż w podłużnych.

[1]) Na ogół skropliny są uważane za czyste, gdy zawierają do 10 mg/*l* części stałych.

LISTY DO REDAKCJI.

Wypadki przy otwieraniu włazów kotłowych wywołane próżnią w kotle.

Otwieranie włazów kotłowych wymaga dużej uwagi nie tylko ze względu na niebezpieczeństwo poparzenia się wodą lub parą, która może pozostawać w kotle w znacznych ilościach po jego wypróżnieniu, mimo że manometry nadciśnienia w kotle nie wykazują. Niebezpieczeństwo też w pewnych wypadkach stanowi próżnia powstająca w kotle. Potwierdza to kotłowa praktyka okrętowa.

Na statkach marynarki handlowej podczas kilkudniowych postojów w porcie, dla potrzeb portowych pracuje zwykle tylko jeden względnie część kotłów, podczas gdy inne w tym czasie odstawia się, czy to dla przeprowadzenia koniecznych napraw, czy też wprost dla uzyskania oszczędności na paliwie. Ogień w paleniskach kotłów, które mają być nieczynne, wygasza się, a gdy ciśnienie pary w nich spadnie, nad powierzchnią wody wytwarza się próżnia. Zawdzięczając próżni kotły dobrze konserwują się wewnętrznie. Jeśli osprzęt kotła jest w zupełnie dobrym stanie i nie przepuszcza powietrza, próżnia ta utrzymuje się w ciągu kilku lub więcej dni.

Pewnego razu na jednym ze statków zaszło nagłe podejrzenie, że na powierzchni wody w kotłach mogła zebrać się w większej ilości oliwa. Dla przekonania się postanowiono otworzyć górny właz na jednym z kotłów wygaszonych. Gdy starszy palacz zwolnił nieco nakrętki pokrywy włazu i uderzył ją parę razy dre-

wnianym trzonkiem młotka, by spowodować oderwanie się pokrywy od przypieczonego doń szczeliwa, pokrywa włazu została w pewnej chwili gwałtownie porwana w dół, a powietrze z głośnym hukiem wdarło się przez powstałą szczelinę do kotła. Ruch powietrza był tak gwałtowny, że sadzę wokoło włazu najdokładniej wymiotło i pokryło nią całkowicie powierzchnię wody w kotle.

Przyczyną tego była próżnia powstała w kotle, a nie usunięta przed opuszczeniem pokrywy włazu przez otwarcie kurków powietrznych lub kurków przy wodowskazach.

Znany mi jest podobny wypadek na jednym ze statków obcych, miał on jednak epilog tragiczny. Wówczas odjęto nakrętki i beleczki pokrywy włazu zupełnie. Asystent maszynowy przytrzymywał pokrywę włazu, by nie opadła na dół, palacz zaś lekko uderzał w nią, aby oderwać mocno przypieczone szczeliwo W pewnej chwili pokrywa została szarpnięta z olbrzymią siłą do wnętrza kotła i tak błyskawicznie, że asystent nie zdążył pokrywy puścić, został przez nią porwany i uderzony o płaszcz kotła, poniósł śmierć na miejscu.

Przyczyna tych wypadków staje się jasna po uwzględnieniu, że wtedy gdy w kotle jest próżnia, na pokrywę włazu działa siła równa iloczynowi powierzchni pokrywy przez 1 prawie *kg* (a przy próżni zupełnej 1 *kg*), a więc dla włazów normalnych (300×400 mm) do kilkuset *kg*. Wypadki nie zachodzą często li tylko dlatego, że próżnia w kotle rzadko bywa tak wysoka. O ile zaś szczeliwo było dobrze pokryte grafitem, pokrywa włazu stopniowo opuszcza się w miarę luzowania nakrętek i próżnia wypełnia się stopniowo.

M. Kisielewski inż.

KRONIKA TECHNICZNA

O erozji łopatek turbin parowych.

(Streszczenie artykułu F. W. Gardnera, B. A., M. Inst. C. E. w czasopiśmie „The Engineer“, luty 1932).

W związku ze stałą zwyżką szybkości obwodowej łopatek w nowoczesnych turbinach parowych, poczęto obserwować objawy silnego uszkadzania się łopatek, szczególnie na wieńcach niskiego ciśnienia blisko wylotu turbin. Zjawisko stało się tak groźne i nieobliczalne, że dalszy rozwój konstrukcji turbin stał pod znakiem zapytania. Łopatki poczęły już po kilku miesiącach ruchu wykazywać wyżłobienia na powierzchni, wyszczerbienia u brzegu wlotowego a nawet wręcz otwory, w rezultacie musiały być, ze znacznemi kosztami wymieniane.

Badania uszkodzonych łopatek wykazały, że uszkodzenia powyższe były zjawiskiem nie tyle chemicznem a zjawiskiem wywołanem akcją mechaniczną kropelek kondensatu, a zatem czystą erozją. Ponieważ erozji jako takiej nie podobna było zapobiedz przez dobór tworzyw niewrażliwych na działanie chemiczne, przeto konieczne były studja nad odpornością metali w warunkach ruchu turbin, więc przedewszystkiem odporności metali o różnej wytrzymałości mechanicznej i twardości.

Dla przeprowadzania badań eksperymentalnych, należało stworzyć aparat do próbowania łopatek wykonanych z badanych tworzyw, dający możność ścisłego kopjowania zjawisk występujących w częściach najniższej prężności pary w turbinach parowych, to jest aparat dający możność pracy przy niskiej próżni barometrycznej, przy dużej szybkości obwodowej badanych łopatek i przy znacznem nasyceniu powietrza, znajdującego się w aparacie, kropelkami rozpylonej wody, przy badaniach imitującej, kondensat.

Dla przeprowadzenia analogji zjawisk przytoczymy, że większość turbin wykorzystujących parę znacznie rozprężoną na swych ostatnich stopniach, wykazuje znaczną wilgotność pary odlotowej, pary pomięszanej z kroplami kondensatu, który osiada bądź na ściankach turbiny, bądź na jej łopatkach stałych, bądź porywany jest z prądem pary do kondensatora. Woda osiadająca na ściankach turbiny płynie ruchem wirowym częściowo do szczelin drenażowych turbiny, częściowo do jej wylotu, woda gromadząca się na łopatkach stałych, po dojściu do pewnej wielkości kropli, porywana jest z prądem pary i rzucana o łopatki ruchome. Przy szybkości pary równej szybkości obwodowej łopatek, czyli dajmy na to 330 m/sek. kropla uderza o brzeg wlotowy łopatki ruchomej ze szybkością nieco wyższą od szybkości łopatki, gdyż posiada szybkość własną nadaną przyśpieszeniem udzielonem przez prąd pary. Wobec jednak małej odległości między łopatką stałą a łopatką ruchomą, szybkość wody względem łopatki ruchomej jest mała, wystarczy zatem przyjąć, że uderzenie następuje ze szybkością równą szybkości obwodowej łopatki, czyli jak wyżej, 330 m/sek. Siła uderzenia, czyli ciśnienie wywarte na metal łopatki, wynosi w tych warunkach około 6000 kg/cm^2, jest zatem ogromna i całkowicie tłumaczy zjawiska erozji.

Badania przeprowadzone były w Zakładach C. A, Parsonsa w Newcastle on Tyne, najstarszej i największej fabryce turbin parowych, na aparacie własnego pomysłu i konstrukcji.

Aparat wykonano z kadłuba starej pompy odśrodkowej, przyczem łożyska otrzymały z jednej strony uszczelki węglowe i uszczelnienie parowe, z drugiej strony zostały znacznie wzmocnione ze względu na wysokie obroty wirnika. Na wał wirnika nasadzona została tarcza stalowa z uchwytami do badanych łopatek, której średnica została obliczona tak, aby szybkość obwodowa łopatek dochodziła do wymienionych wyżej 300—350 m/sek. Wał wirnika otrzymał sprzęgło i napędzany był ze silnika trójfazowego, przez przekładnię podwyższającą obroty z szybkością 8500 obr/min. Próżnię w kadłubie aparatu otrzymano przez połączenie tegoż z pompą eżektorową, przyczem wysokość próżni dochodziła do 740 mm przy stanie barometru 762 mm rtęci. Kropelki kondensatu imitowane były przez krople wysoce rozpylonej wody tryskającej dwoma strumieniami, pod odpowiednim kątem względem łopatek, z dwuch rozpylaczy umieszczonych w kadłubie aparatu. Rozpylacze były rozpylaczami zmodyfikowanemi, typu stosowanego w paleniskach ropy, pracującemi pod ciśnieniem wody 3 at pochodzącej z wodociągu. Rozchód wody wynosił około 200 kg/godz.

Już pierwsze próby wykazały dużą użyteczność aparatu, w którym badane łopatki, już w krótkim czasie wykazywały szybkie postępy erozji.

Próby czynione były z łopatkami narazie, później, po ustaleniu, że właściwie uszkodzeniu podlega wyłącznie brzeg wlotowy łopatki, wyłącznie z ochronami łopatek wykonanemi na podstawie propozycji badających inżynierów, które to ochrony, po pewnych modyfikacjach, szeroko się stosuje również we wszystkich turbinach opuszczających Zakłady. System ochrony i sposób umieszczenia jej na łopatce są chronione patentami będącemi własnością Zakładów, zasadę ilustruje fotografja (rys. 1). Ochrona składa się z wąskiego pasma metalu, o szerokości mniej więcej 1/10 szerokości łopatki, długości mniej więcej 1/3 łopatki, przymocowanego mosiądzem do łopatki, do jej końca i powierzchni wklęsłej. Ochrona jest wykonana ze stali narzędziowej o wysokiej twardości, o czem mówimy niżej.

Badane metale i stopy dzielone były na dwie grupy. Badano stopy wolne od żelaza jak mosiądz, metal Monel i bronz, i stopy żelaza w postaci stali różnych gatunków.

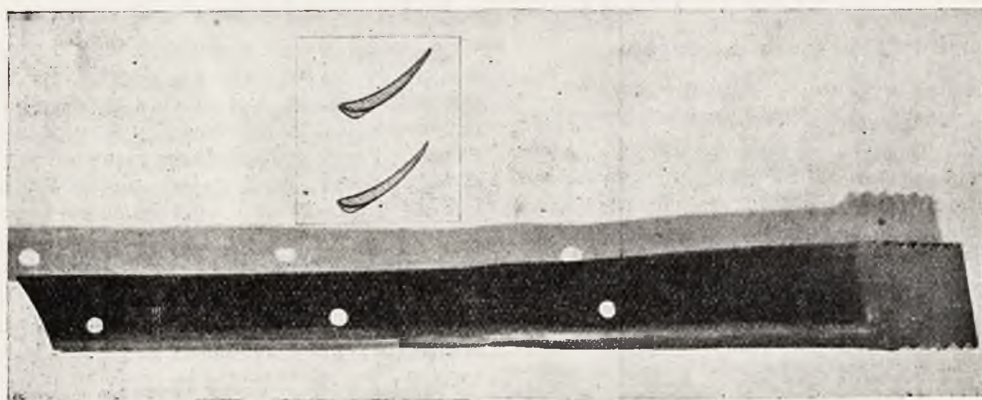
Próby czynione z mosiądzem, metalem Monela i bronzem, w krótkim czasie wykazały absolutną niezdatność tych stopów do wyrobu łopatek, gdyż postępy erozji były bardzo szybkie.

Próby ze stalą nierdzewną węglistą wykazały, że stal ta nie posiada większej odporności na erozję jak zwykła stal węglista.

Próby poczynione ze stalami austenicznemi i chromoniklowemi wykazały, że stale te nie są bardziej odporne od stali zwykłych o analogicznym stopniu twardości Brinella. Dopiero badania poczynione ze stalami tungstenowemi, typu narzędziowego, szybkotnącemi, o twardości Brinella od 550 do 630 dały wyniki dobre. Łopatki względnie ochrony z tych stali łatwo wytrzymywały 150-godzinne próby przy szybkości 350 m/sek. przyczem ślady działania erozji widoczne były w postaci silnego matowania się polerowanej powierzchni metalu.

Ponieważ nasuwało się przypuszczenie, że o odporności na erozję decyduje powierzchniowa twardość metalu, nie zaś jego twardość wewnętrzna, przeprowadzono szereg prób ze stalą pokrytą warstwą chromu, wysokiej twardości, ze stalami o powierzchniach utwardzonych azotem lub systemem „Cloudburst". Wyniki prób twardości poczynionych pilnikiem, wykazywały bardzo wysoką twardość powierzchni, dochodzącą do 600 a nawet 650 Brinellów. Próby w aparacie Firth'a doprowadzały do kruszenia się utwardzonej powierzchni w miejscu uderzenia kuli probierczej, wyniki zatem były niepewne.

Działanie erozji na metal utwardzony powyższemi sposobami udowodniło zupełną zawodność utwardzania powierzchniowego, gdyż powierzchnia metalu szybko się pokrywała wyżłobieniami, nie wykazując odporności większej od metalu znajdującego się pod utwardzoną warstwą. Zjawisko te tłumaczy się dużą siłą uderzeń kropelek, pod którą ugina się miękki metal znajdujący się pod warstwą ochronną, podczas gdy ta ostatnia pod uderzeniem kruszy się, pęka i odpada odsłaniając metal miękki.



Rys. 1.

Zdecydowano zatem, że do fabrykacji ochron nadaje się wyłącznie metal jednolity wysokiej twardości i wybrano stal tungstenową o twardości 550 - 600 Brinell, którą uznano za dostateczną. Turbiny o mocy łącznej około 4.000.000 kW wyposażone zostały dotychczas w łopatki niskiego ciśnienia zaopatrzone w ochrony Parsonsa i wyniki ruchu wykazały pełną jej zdatność, gdyż dotychczas nie zaszła konieczność wymiany łopatek, mimo iż szereg turbin pracuje w ciężkich warunkach parowych już od roku 1930.

O wykonywaniu łopatek całkowicie z twardej stali trudno jest myśleć, ze względu na wysoką cenę stali narzędziowej pozatem stal ta, przy swej twardości nie posiada tych zalet które wykazuje zwykła stal łopatkowa, jak kujność i tem samem wysoka odporność na zmęczenie metalu na skutek wibracyj łopatek, częstych w turbinach parowych. Kwestja obróbki łopatki z twardej stali również przedstawia się bardzo trudno, ze względu na znaczne koszta.

S. J.

Druk „Zgoda" J. Klimczak i S-ka Warszawa, ul. Zielna 47. Tel. 6-19-57.